

③

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-240310

(43)Date of publication of application : 12.09.1995

(51)Int.Cl.

H01F 6/00  
G01R 33/3815

(21)Application number : 06-031507

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 01.03.1994

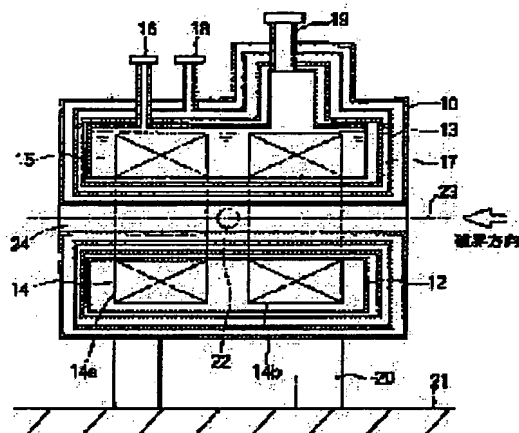
(72)Inventor : TAWARA YASUYUKI  
KURODA SHIGENORI  
NAGAIRO TOSHISHIGE

## (54) SUPERCONDUCTING MAGNET FOR NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE ANALYZER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a superconducting magnet for nuclear magnetic resonance(NMR) analyzer which can reduce the size of an NMR analyzer and can reduce the ceiling height of the place where the analyzer is installed.

CONSTITUTION: Superconducting coils 14 are arranged in a helium tank 14 so that the direction of a magnetic field generated by the coils 14 can become parallel with the floor surface 21. In addition, a cryostat 0 is provided around the tank 1. A communicative hole 24 is provided at the center of the cryostat 10 so that the hole 24 can cross the axis 23 of the magnetic field. The central part of the hole 24 constitutes a sample setting area 22. Therefore, the setting direction of a room-temperature shim coil, etc., to the sample setting area 20 becomes horizontal and the size of an NMR analyzer can be reduced, because the height of the legs 20 of the analyzer can be reduced. In addition, the ceiling height of the place where the analyzer is installed can be reduced and the setting workability of the room-temperature shim coil, etc., can be improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-240310

(43) 公開日 平成7年(1995)9月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所  
 H 0 1 F 6/00  
 G 0 1 R 33/3815

H 0 1 F 7/ 22 F  
 G 0 1 N 24/ 06 5 1 0 D

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

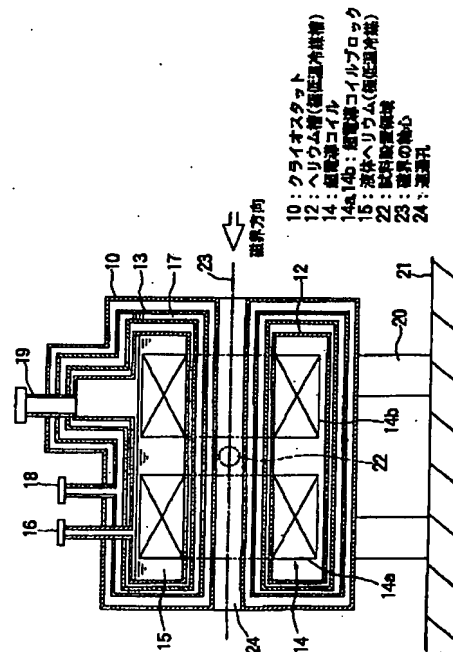
(21) 出願番号	特願平6-31507	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22) 出願日	平成6年(1994)3月1日	(72) 発明者	田原 恭幸 赤穂市天和651番地 三菱電機株式会社赤穂製作所内
		(72) 発明者	黒田 成紀 赤穂市天和651番地 三菱電機株式会社赤穂製作所内
		(72) 発明者	長廣 利成 赤穂市天和651番地 三菱電機株式会社赤穂製作所内
		(74) 代理人	弁理士 曾我 道照 (外6名)

(54) 【発明の名称】 核磁気共鳴分析装置用超電導マグネット

(57) 【要約】

【目的】 この発明は、装置の小型化を図り、設置場所の天井高さを低くできるNMR分析装置用超電導マグネットを得ることを目的とする。

【構成】 超電導コイル14は、その発生する磁界の方向が床面21と平行となるようにヘリウム槽12内に配設されている。そして、クライオスタット10がヘリウム槽1を包囲するように配設されている。このクライオスタット10の中心には、磁界の軸心23を通して連通孔24が設けられている。この連通孔24の中央部が試料設置領域22を構成している。そこで、試料設置領域22への常温シムコイル等のセット方向が水平方向となり、装置の脚20の高さを低くでき、装置の小型化が図られ、設置場所の天井高さを低くできるとともに、常温シムコイル等のセットの作業性を向上できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超電導線を巻回して構成された超電導コイルと、前記超電導コイルの発生する磁界の軸心が水平となるように前記超電導コイルを収納するとともに、前記超電導コイルを冷却する極低温冷媒を貯液する極低温冷媒槽と、前記極低温冷媒槽を包囲して設けられたクライオスタットと、前記超電導コイルの中央部に形成された常温空間の試料設置領域とを備えたことを特徴とする核磁気共鳴分析装置用超電導マグネット。

【請求項 2】 超電導コイルの発生する磁界の軸心を通って、クライオスタットの外部から試料設置領域に至る連通孔が前記クライオスタットに設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の核磁気共鳴分析装置用超電導マグネット。

【請求項 3】 超電導コイルが発生する磁界の軸心方向に 2 分割された 2 つの超電導コイルブロックから構成され、前記 2 つの超電導コイルブロック間を通して、クライオスタットの外部から試料設置領域に至る連通孔が前記磁界の軸に直交して前記クライオスタットに設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の核磁気共鳴分析装置用超電導マグネット。

【請求項 4】 超電導コイルの発生する磁界の漏洩磁界を低減させる漏洩磁界低減手段を備えていることを特徴とする請求項 1 記載の核磁気共鳴分析装置用超電導マグネット。

【請求項 5】 漏洩磁界低減手段が、超電導コイルの発生する磁界の軸心方向のクライオスタット両側端面に磁気遮蔽板を前記磁界の流れを遮蔽するように配置して構成されていることを特徴とする請求項 4 記載の核磁気共鳴分析装置用超電導マグネット。

【請求項 6】 漏洩磁界低減手段が、超電導コイルの発生する磁界と逆向きの磁界を発生させる漏洩磁界低減用超電導コイルを前記超電導コイルの外周に同軸的に配置して構成されていることを特徴とする請求項 4 記載の核磁気共鳴分析装置用超電導マグネット。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、核磁気共鳴（NMR: Nuclear Magnetic Resonance）分析装置に用いられる超電導マグネットに関するものである。

【0002】

【従来の技術】図 5 は NMR 分析装置のシステムを示すブロックダイアグラムであり、図におい 1 は強磁場を発生する超電導マグネット、2 は超電導マグネット 1 により形成された静磁場の均一度、すなわち試料領域の空間均一度を高めるために設置された常温シムコイル、3 は蛋白質や核酸等の試料、4 はプローブであり、このプローブ 4 は試料 3 にラジオ波磁場を与えたり試料 3 による NMR 信号を検出したりするコイル等から構成されている。5 は試料 3 を超電導マグネット 1 により形成された

静磁場中の所定の位置に挿入設置するガイド、6 はラジオ波を発生する高周波モジュール、7 はプローブ 4 で検出された NMR 信号と高周波モジュール 6 からの信号とを位相検波し、吸収モードまたは分散モードとして選択するデュプレクサー、8 は常温シムコイル 2 に電力を供給する電源である。9 はコンピュータであり、このコンピュータ 9 はコントローラ 10 を介して高周波モジュール 6、デュプレクサー 7 および電源 8 の制御を行うとともに、得られたデータの処理を行うものである。

【0003】つぎに、上記 NMR 分析装置の動作について説明する。まず、超電導マグネット 1 を作動し、強磁場を発生させる。ついで、電源から常温シムコイル 2 に電力を供給し、超電導マグネット 1 により形成された静磁場の均一度、すなわち試料領域の空間均一度を高める。そして、ガイド 5 により試料 3 を該静磁場中の所定の位置に挿入設置する。その後、高周波モジュール 6 からラジオ波をプローブ 4 に送信して、試料 3 にラジオ波磁場を印加する。ここで、静磁場  $H_0$  中におかれた試料 3 の水素原子核は、 $f_0 = \gamma H_0 / 2\pi$ （ $\gamma$  は核磁気回転比）なる周波数をもつ高周波磁界と共鳴することから、試料 3 の水素原子核が共鳴するように高周波モジュール 6 から送信されるラジオ波の周波数を設定している。そこで、ラジオ波磁場が照射された後、試料 3 から放出される自己誘導シグナルの減衰（FID: Free Induction Decay）をプローブ 4 のコイルを介して測定し、これをコンピュータ 9 により分析して構造解析を行う。

【0004】ここで、超電導マグネット 1 の構成について説明する。図 6 は NMR 分析装置に用いられる従来の超電導マグネットを示す断面図であり、図において 10 は細長の中空環状のクライオスタットであり、このクライオスタット 10 はその上下端面を塞口されて密閉構造となっており、その内部は真空中に維持されている。11 はこのクライオスタット 10 の軸心に形成された開口部、12 はクライオスタット 10 内に開口部 11 を取り囲むように同軸的に配された極低温冷媒槽としてのヘリウム槽、13 はクライオスタット 10 内にヘリウム槽 12 を取り囲むように同軸的に配された液体窒素槽、14 は超電導線を所定回数巻回して構成された超電導コイルであり、この超電導コイル 14 はその軸心が開口部 11 の軸心と一致するように、すなわち据え付け面に対して垂直にヘリウム槽 12 内に配設されている。15 はヘリウム槽 12 内に貯液されて超電導コイル 14 を極低温に冷却する極低温冷媒としての液体ヘリウムであり、この液体ヘリウム 15 はクライオスタット 10 および液体窒素槽 13 を貫通して図中上下方向に配設された液体ヘリウム注入ポート 16 を介してヘリウム槽 12 内に注入されるようになっている。17 は液体窒素槽 13 内に貯液される液体窒素であり、この液体窒素 17 はクライオスタット 10 を貫通して図中上下方向に配設された液体窒素注入ポート 18 を介して液体窒素槽 13 内に注入されるよ

うになっている。19は超電導コイル12に電力を供給する電流供給ポート、20はクライオスタット10の底面に取り付けられた脚、21は超電導マグネット1を設置する床面、22は開口部11内の常温空間の超電導コイル14中央に位置する試料設置領域、23は超電導コイル14が発生する磁界の方向を示す軸心である。

【0005】このように構成された超電導マグネット1は、クライオスタット10の内部が真空中に保持され、液体窒素槽13に液体窒素17が貯液されているので、外部から侵入する熱は真空断熱され、さらに輻射熱は液体窒素槽13により低減され、ヘリウム槽12への熱侵入が低減されている。そして、超電導コイル14は液体ヘリウム15に浸漬され、極低温に冷却されている。そこで、電流供給ポート19を介して超電導コイル14に電力を供給すれば、垂直方向の強磁場が発生する。この時、超電導コイル14の発生する磁界の方向を示す軸心23は、開口部11の軸心と一致している。そして、この超電導マグネット1をNMR分析装置に適用する場合には、常温シムコイル2およびプローブ4を開口部11の下方から挿入してその試料設置領域22にセットしていた。また、試料3をガイド5により開口部11の上方から挿入してその試料設置領域22にセットしていた。さらに、超電導マグネット1からの漏洩磁界による周囲の電子、電気機器等への悪影響を抑えるために、ある程度大きな部屋に装置を据え付けていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来のNMR分析装置用超電導マグネットは以上のように構成されているので、常温シムコイル2やプローブ4をクライオスタット10の下方から試料設置領域22にセットするために脚20をある程度高くする必要がある。その結果、超電導マグネット1の高さが高くなり、さらには液体ヘリウム注入ポート16からの液体ヘリウム15の注入作業高さが必要となり、据え付ける部屋の天井高さが高くなるという課題があった。また、試料3をクライオスタット10の上方から試料設置領域22にセットするためにガイド5の駆動機構が大きくなり、装置が大型となるという課題もあった。さらに、NMR分析の分解能を上げようとすると発生磁界が大きくなり、それにもないマグネット外部への漏洩磁界も増加することになり、据え付ける部屋の大きさが大きくなるという課題もあった。

【0007】この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、マグネットの高さを低くできるNMR分析装置用超電導マグネットを得ることを第1の目的とする。また、マグネット外部への漏洩磁界を低減できるNMR分析装置用超電導マグネットを得ることを第2の目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明の第1の発明に係るNMR分析装置用超電導マグネットは、超電導線を

巻回して構成された超電導コイルと、超電導コイルの発生する磁界の軸心が水平となるように超電導コイルを収納するとともに、超電導コイルを冷却する極低温冷媒を貯液する極低温冷媒槽と、極低温冷媒槽を包囲して設けられたクライオスタットと、超電導コイルの中央部に形成された常温空間の試料設置領域とを備えたものである。

【0009】また、この発明の第2の発明に係るNMR分析装置用超電導マグネットは、上記第1の発明において、超電導コイルの発生する磁界の軸心を通して、クライオスタットの外部から試料設置領域に至る連通孔がクライオスタットに設けられているものである。

【0010】また、この発明の第3の発明に係るNMR分析装置用超電導マグネットは、上記第1の発明において、超電導コイルが発生する磁界の軸心方向に2分割された2つの超電導コイルブロックから構成され、2つの超電導コイルブロック間を通して、クライオスタットの外部から試料設置領域に至る連通孔が磁界の軸に直交してクライオスタットに設けられているものである。

【0011】また、この発明の第4の発明に係るNMR分析装置用超電導マグネットは、上記第1の発明において、超電導コイルの発生する磁界の漏洩磁界を低減させる漏洩磁界低減手段を備えているものである。

【0012】また、この発明の第5の発明に係るNMR分析装置用超電導マグネットは、上記第4の発明において、漏洩磁界低減手段が、超電導コイルの発生する磁界の軸心方向のクライオスタット両側端面に磁気遮蔽板を磁界の流れを遮蔽するように配置して構成されているものである。

【0013】また、この発明の第6の発明に係るNMR分析装置用超電導マグネットは、上記第4の発明において、漏洩磁界低減手段が、超電導コイルの発生する磁界と逆向きの磁界を発生させる漏洩磁界低減用超電導コイルを超電導コイルの外周に同軸的に配置して構成されているものである。

【0014】

【作用】この発明の第1の発明においては、超電導コイルがその発生する磁界の軸心が水平となるように極低温冷媒槽内に収納されているので、超電導コイルは据え付け面に対して平行に配置される。そして、超電導コイルは超電導線を巻回して構成されており、その巻回された径に対して長さが大きく構成されている。そこで、据え付け面に対して磁界の軸心を平行となるように超電導コイルを配置することにより、据え付け面に対して磁界の軸心を垂直となるように超電導コイルを配置する従来の超電導マグネットに比べて、超電導コイルの高さ方向の大きさが小さくなり装置の高さが低くなる。

【0015】また、この発明の第2の発明においては、超電導コイルの発生する磁界の軸心を通して、クライオスタットの外部から試料設置領域に至る連通孔がクライ

オスタットに設けられている。そして、常温シムコイル、プローブおよび試料をこの連通孔を介して試料設置領域にセットすることができる。そこで、常温シムコイル等のセット方向が据え付け面に対して平行な方向となり、クライオスタットの脚の高さを高くする必要がなく、装置の高さが低くなる。さらに、試料をセットするガイドの駆動機構の大型化が抑えられる。

【0016】また、この発明の第3の発明においては、クライオスタットの外部から試料設置領域に至る連通孔が磁界の軸心に直交してクライオスタットに設けられている。そして、常温シムコイル、プローブおよび試料をこの連通孔を介して試料設置領域にセットすることができる。そこで、常温シムコイル等のセット方向が磁界の軸心に対して直交する方向となり、クライオスタットの脚の高さを高くする必要がなく、装置の高さが低くなる。そして、装置の高さが低くなることにより、試料をセットするガイドの駆動機構の大型化が抑えられる。

【0017】また、この発明の第4の発明に係るNMR分析装置用超電導マグネットは、漏洩磁界低減手段が、マグネットから外部に漏洩する磁界を低減する。

【0018】また、この発明の第5の発明においては、超電導コイルの発生する磁力線は、磁界の軸心方向のクライオスタット両側端面に配置された磁気遮蔽板中を通ることになる。そこで、磁気遮蔽板を貫通してマグネットから外部に漏洩する磁界が低減される。

【0019】また、この発明の第6の発明においては、超電導コイルの外周に同軸的に配置された漏洩磁界低減用超電導コイルは、超電導コイルの発生する磁界と逆向きの磁界を発生させる。そして、この漏洩磁界低減用超電導コイルの発生した磁界が、磁界の超電導コイルからの往路および超電導コイルでへの帰路において、超電導コイルの発生した磁界を打ち消すように作用する。つまり、例えば両コイルの磁気モーメント ( $=\mu_0 \cdot I \cdot S \cdot \text{ターン数}$ 、ここで  $I$  : コイルに流す電流、 $S$  : 回路の面積) の大きさが等しく、かつ、向きが逆となるようにコイル設計すれば、コイルの中心から距離  $r$  離れた点における磁場の大きさは  $r^{-3}$  に比例することになる。その結果、コイル外部における磁場を極めて小さく、すなわち漏洩磁界を低減させることができる。

【0020】

【実施例】以下、この発明の実施例を図について説明する。

実施例1. 図1はこの発明の実施例1に係るNMR分析装置用超電導マグネットを示す側面図であり、図において図6に示した従来の超電導マグネットと同一または相当部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図において、14a、14bはそれぞれ超電導コイル14の発生する磁界の軸心23方向に超電導コイル14を2分割して構成された超電導コイルブロックであり、これらの超電導コイルブロック14a、14bは、発生する磁

界の軸心23が水平方向に、すなわち据え付ける床面21に対して平行に同軸的に液体ヘリウム槽12内に配設されている。24はクライオスタット10の両端から超電導コイル14の発生する磁界の軸心23を通して貫通して設けられた連通孔であり、この連通孔24の中央部が試料設置領域22となっている。

【0021】このように構成された超電導マグネットは、超電導コイル14の発生する磁界の軸心23が水平方向となるように配置されている。そこで、超電導コイル14が横向き配置となり、高さ方向に超電導コイル14の径より大きな長さ方向が配置される縦向き配置に比べて超電導マグネットの高さ方向が低くなる。また、磁界の軸心23を通して設けられた連通孔24の中央部に試料設置領域22が位置しているので、この超電導マグネットをNMR分析装置に適用する際には、常温シムコイル2やプローブ4を連通孔24から試料設置領域22にセットすることができる。そこで、常温シムコイル2やプローブ4のセット方向が水平方向となり、脚20の高さを低くでき、超電導マグネットの高さを低くすることができる。また、試料3を連通孔から試料設置領域22にセットすることができる。そこで、試料3のセット方向が水平方向となり、試料3を挿入設置するガイド5の駆動機構の小型化が図られる。さらに、超電導マグネットの高さが低くなることにより、液体ヘリウム注入ポート16や液体窒素注入ポート18から液体ヘリウム15や液体窒素17を注入する注入高さが低くなり、作業性を向上させることができる。そして、小型化が図られ、設置場所の天井高さを低くでき、搬送を簡単にできる。

【0022】なお、上記実施例1では、超電導コイル14を2つの超電導コイルブロック14a、14bで構成するものとしているが、この超電導コイル14の分割数は2分割に限定されるものではなく、例えば4分割でも、あるいは分割されていなくとも、同様の効果を奏する。

【0023】実施例2. 上記実施例1では、連通孔23を発生する磁界の軸心23を通るようにクライオスタット10に設けるものとしているが、この実施例2では、図2に示すように、連通孔24を上方から超電導コイルブロック14a、14bの間を通して発生する磁界の軸心23に直交して試料設置領域22に至るようにクライオスタット10に設けるものとしている。

【0024】このように構成された超電導マグネットは、上記実施例1と同様に、超電導コイル14の発生する磁界の軸心23が水平方向となるように配置されており、縦向き配置に比べて超電導マグネットの高さ方向が低くなる。また、上方から磁界の軸心23に直交して設けられた連通孔24を介して常温シムコイル2やプローブ4を試料設置領域22にセットすることができる。そこで、常温シムコイル2やプローブ4を下方からセット

する必要がなく、脚20の高さを低くでき、超電導マグネットの高さを低くすることができる。また、超電導マグネットの高さが低くなることにより、試料3を挿入設置するガイド5の駆動機構の小型化が図られる。さらに、超電導マグネットの高さが低くなることにより、上記実施例1と同様に、液体ヘリウム注入ポート16や液体窒素注入ポート18から液体ヘリウム15や液体窒素17を注入する注入高さが低くなり、作業性を向上させることができる。そして、小型化が図られ、設置場所の天井高さを低くでき、搬送を簡単にできる。

【0025】なお、上記実施例2では、貫通孔24を上方から磁界の軸心23に直交して試料設置領域22に至るように設けるものとしているが、貫通孔24を床面21と平行に磁界の軸心23に直交して試料設置領域22に至るように設けてもよい。この場合、試料設置領域22に常温シムコイル2等をセットする方向が水平方向となり、上記実施例1と同様の効果を奏する。また、試料設置領域22までの貫通孔24の長さが縮小されて、ガイド5の駆動機構のさらなる小型化が図られるとともに、作業性を向上させることができる。

【0026】また、上記実施例2では、貫通孔24を上方から磁界の軸心23に直交して試料設置領域22に至るように設けるものとしているが、この貫通孔24を磁界の軸心23方向に所定幅を有し、かつ、磁界の軸心23に直交する形状が扇状、あるいは半円状としてもよい。この場合、試料設置領域22に常温シムコイル2等をセットする方向が広範囲となり、セット方向の自由度が増し、作業性を向上させることができる。

【0027】実施例3. 図3はこの発明の実施例3に係るNMR分析装置用超電導マグネットを示す断面図であり、図において25は磁界の軸心23の方向のクライオスタット10の両端面に磁界の流れを遮蔽するように配置された漏洩磁界低減手段としての磁気遮蔽板であり、この磁気遮蔽板25は鉄等の磁性体で構成されている。なお、他の構成は、上記実施例2と同様に構成されている。

【0028】この実施例3では、クライオスタット10の両端面に磁気遮蔽板25を配置しているので、超電導コイル14で発生した磁界は、超電導コイル14の一端から一方の磁気遮蔽板25を通り、ついで超電導コイル14の外周部を通り、さらに他方の磁気遮蔽板25を通過して超電導コイル14の他側に戻るようになる。そこで、超電導コイル14の発生した磁界のうち、磁気遮蔽板25を貫通して外部に達する磁界が著しく低減される、すなわち漏洩磁界が著しく低減されることになる。

【0029】このように、この実施例3によれば、磁性体からなる磁気遮蔽板25をクライオスタット10の両端面に配置しているので、簡易な構成で漏洩磁界を低減することができる。そして、この超電導マグネットをNMR分析装置に適用すれば、漏洩磁界による人体、周辺

電気機器への影響が少なくなり、設置場所の省スペースを図ることができる。

【0030】実施例4. 図4はこの発明の実施例4に係るNMR分析装置用超電導マグネットを示す断面図であり、図において26は超電導コイル14の発生する磁界と逆向きの磁界を発生させる漏洩磁界低減手段としての漏洩磁界低減用超電導コイルであり、この漏洩磁界低減用超電導コイル26は超電導コイル14の外周に同軸的に配置されている。なお、他の構成は、上記実施例2と同様に構成されている。

【0031】この実施例4では、超電導コイル14および漏洩磁界低減用超電導コイル26を、例えば磁気モーメントの大きさが等しく、かつ、向きが逆となるように、コイル設計している。そこで、コイル外部の磁場の大きさは $r^{-3}$ に比例して小さくなる。すなわち、この漏洩磁界低減用超電導コイル26の発生した磁界が、超電導コイル14の両端における超電導コイル14の発生した磁界を打ち消すように作用し、外部に漏洩する漏洩磁界が著しく低減される。この時、試料設置領域22において10ステラの磁場が必要とすれば、超電導コイル14および漏洩磁界低減用超電導コイル26のコイル内磁場がそれぞれ11ステラおよび1ステラとなるようにコイル設計すればよい。

【0032】このようにこの実施例4によれば、超電導コイル14の外周に同軸的に漏洩磁界低減用超電導コイル26を配置しているので、漏洩磁界を低減でき、上記実施例3と同様の効果を奏する。また、上記実施例3に比べて鉄等の磁性体からなる重量の重い磁気遮蔽板25を取り付ける必要がなく、超電導マグネットの重量の増加が抑えられ、運搬が容易となる。

【0033】

【発明の効果】この発明は、以上のように構成されているので、以下に記載されるような効果を奏する。

【0034】この発明の第1の発明によれば、超電導線を巻回して構成された超電導コイルと、超電導コイルの発生する磁界の軸心が水平となるように超電導コイルを収納するとともに、超電導コイルを冷却する極低温冷媒を貯液する極低温冷媒槽と、極低温冷媒槽を包囲して設けられたクライオスタットと、超電導コイルの中央部に形成された常温空間の試料設置領域とを備えているので、クライオスタットの高さ方向が縮小されて、装置の高さを低くできる。その結果、装置の小型化が図られ、設置場所の天井高さを低くすることができる。さらに、極低温冷媒の注入作業高さが低くなり、冷媒の注入作業性を向上させることができる。

【0035】また、この発明の第2によれば、上記第1の発明において、超電導コイルの発生する磁界の軸心を通して、クライオスタットの外部から試料設置領域に至る連通孔がクライオスタットに設けられているので、試料設置領域へのセット方向が水平方向となり、装置の据

え付け高さを低くでき、装置の高さをより低くできる。その結果、設置場所の天井高さを一層低くすることができるとともに、冷媒注入や試料セットの作業性を向上させることができる。

【0036】また、この発明の第3の発明によれば、上記第1の発明において、超電導コイルが発生する磁界の軸心方向に2分割された2つの超電導コイルブロックから構成され、2つの超電導コイルブロック間を通して、クライオスタットの外部から試料設置領域に至る連通孔が磁界の軸に直交してクライオスタットに設けられているので、装置の据え付け高さが低くなり、装置の高さをより低くすることができ、そのぶん試料をセットする機構を小型化することができる。

【0037】また、この発明の第4の発明によれば、上記第1の発明において、超電導コイルの発生する磁界の漏洩磁界を低減させる漏洩磁界低減手段を備えているので、上記第1の発明の効果に加え、漏洩磁界が低減され、漏洩磁界による人体、周辺電気機器への影響を抑制でき、設置場所の省スペース化を図ることができる。

【0038】また、この発明の第5の発明によれば、上記第4の発明において、漏洩磁界低減手段が、超電導コイルの発生する磁界の軸心方向のクライオスタット両側端面に磁気遮蔽板を磁界の流れを遮蔽するように配置して構成されているので、簡易な構成で超電導コイルの発生する磁界の外部への漏洩を効果的に阻止でき、上記第4の発明と同様の効果を奏する。

【0039】また、この発明の第6の発明によれば、上記第4の発明において、漏洩磁界低減手段が、超電導コイルの発生する磁界と逆向きの磁界を発生させる漏洩磁界低減用超電導コイルを超電導コイルの外周に同軸的に\*

\*配置して構成されているので、簡易かつ軽量の構成で超電導コイルの発生する磁界の外部への漏洩を効果的に阻止でき、上記第4の発明と同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1に係るNMR分析装置用超電導マグネットを示す断面図である。

【図2】この発明の実施例2に係るNMR分析装置用超電導マグネットを示す断面図である。

【図3】この発明の実施例3に係るNMR分析装置用超電導マグネットを示す断面図である。

【図4】この発明の実施例4に係るNMR分析装置用超電導マグネットを示す断面図である。

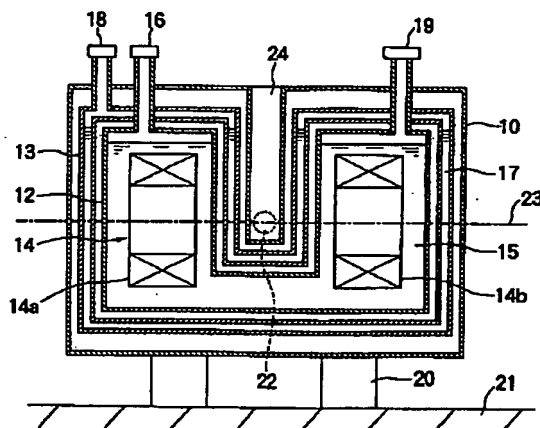
【図5】NMR分析装置のシステムを示すブロックダイヤグラムである。

【図6】従来のNMR分析装置用超電導マグネットを示す断面図である。

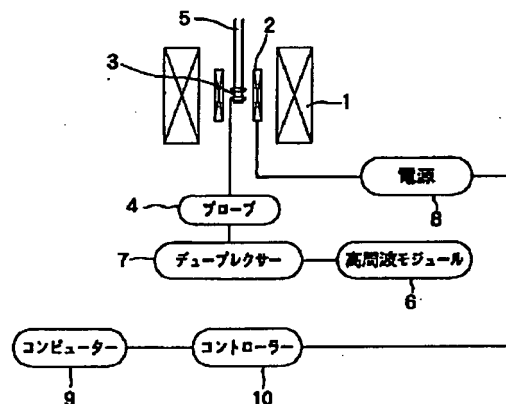
【符号の説明】

- 10 クライオスタット
- 12 ヘリウム槽（極低温冷媒槽）
- 14 超電導コイル
- 14 a 超電導コイルブロック
- 14 b 超電導コイルブロック
- 15 液体ヘリウム（極低温冷媒）
- 22 試料設置領域
- 23 磁界の軸心
- 24 連通孔
- 25 磁気遮蔽板（磁界漏洩低減手段）
- 26 磁界漏洩低減用超電導コイル（磁界漏洩低減手段）

【図2】

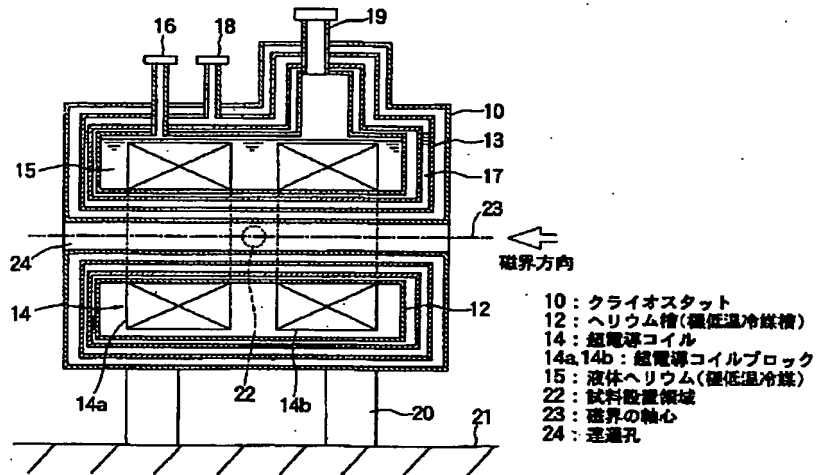


【図5】

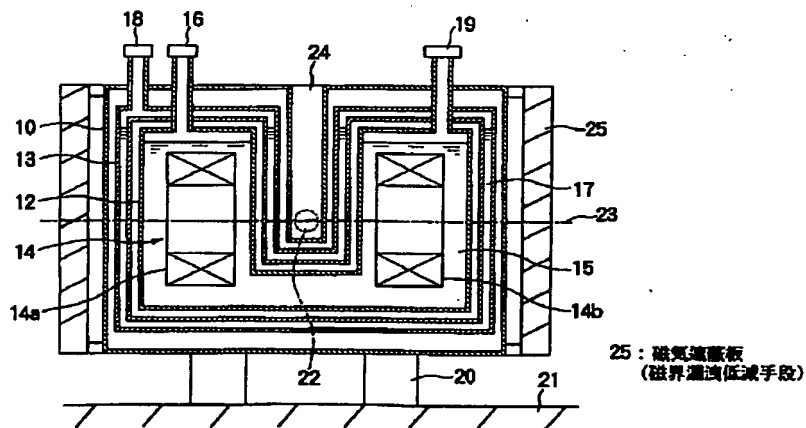




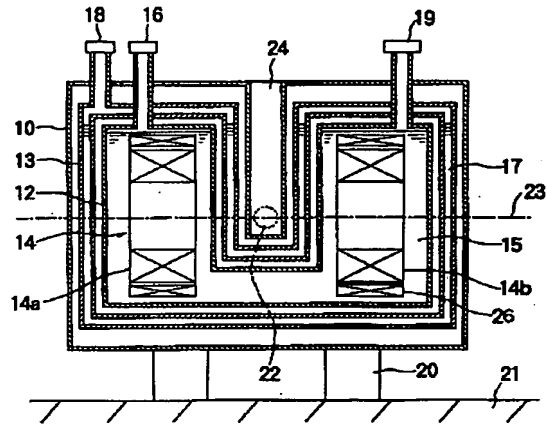
【図1】



【図3】

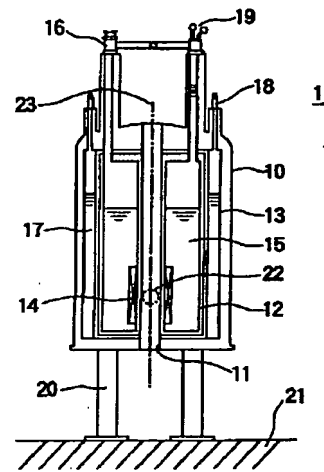


【図4】



26: 磁界漏洩低減用  
超電源コイル  
(磁界漏洩低減手段)

【図6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**